

**19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

Offenlegungsschrift
DE 198 26 875 A 1

⑤ Int. Cl.⁶:
G 05 B 9/03
G 05 B 19/18

(21) Aktenzeichen: 198 26 875.0
 (22) Anmeldetag: 17. 6. 98
 (43) Offenlegungstag: 23. 12. 99

71 Anmelder:
Dr. Johannes Heidenhain GmbH, 83301 Traunreut,
DE

(72) Erfinder:
Baumgartner, Alfons, Dipl.-Ing. (FH), 83224
Grassau, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 195 04 404 C1
DE 43 03 264 C2
DE 195 43 817 A1
DE 32 25 455 A1
DE 297 10 026 U1

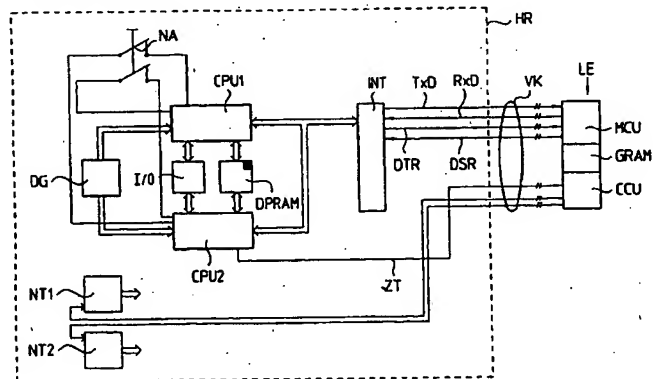
HILPERT, Bernhard, SCHMIDT, Rüdiger: Sicherheitsaspekte moderner CNC-Systeme. In: Elektronik 4/26.2.1982, S.47-52;

DERNOSCHEK, Franz: Sicherheitsrelevante Rechnersysteme. In: *Elektronik* 26/31.12.1982, S.27-31;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Numerische Steuerung mit einem räumlich getrennten Eingabegerät

57 Im Rahmen der Bemühungen, eine numerische Steuerung für Werkzeugmaschinen mit erhöhter Betriebssicherheit zu schaffen, ist es erforderlich, auch mobile Eingabegeräte wie Handräder und Taster in bezug auf ihre Betriebssicherheit zu optimieren. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß bereits in dem mobilen Eingabegerät eine redundante Vorverarbeitung der Benutzereingaben erfolgt. Hierfür werden die Ausgangssignale aller Eingabemittel an zwei Prozessoren weitergeleitet und beide Prozessoren ermitteln aus den Benutzereingaben Daten zum wechselseitigen Vergleich auf Übereinstimmung. Nur bei Übereinstimmung der beiden Datensätze werden durch einen Prozessor Sollwertdaten übertragen und durch den anderen Prozessor ein Zustimmungssignal an die Steuerung übertragen. Die Steuerung wertet die empfangenen Daten zweikanalig aus und sendet ein Datenecho an das Eingabegerät zur Prüfung der Übertragungswege zurück. Beide Prozessoren überprüfen das Datenecho und führen bei fehlender Übereinstimmung eine zweikanalige Abschaltung durch.



DE 198 26 875 A 1

DE 198 26 875 A 1

unabhängigen Prozessoren CPU1 und CPU2 überwacht. Zur Erhöhung der Betriebssicherheit können zwei Netzteile NT1 und NT2 im Eingabegerät HR vorgesehen sein, deren Primärspannung über separate, voneinander unabhängige Leitungen von der Steuerung LE aus zugeleitet wird. Dadurch kann ein einzelner Fehler in einem Netzteil nicht nur sicher erkannt werden, sondern ein Fehler führt, bei redundanter und entkoppelter Spannungszuführung zu den einzelnen Baugruppen, auch nicht zu einem kompletten Ausfall des Eingabegeräts HR.

Im Not-Aus-Taster NA werden zwei Taster für zwei Leitungen zusammengefaßt, wodurch eine redundante Realisierung des Not-Aus-Tasters NA erreicht wird. Für einen wechselseitigen zyklischen Test der Not-Aus Eingänge der Prozessoren CPU1 und CPU2 und der dafür vorgesehenen Auswertebaupuppen wird das Eingangssignal für den einen Taster von dem ersten Prozessor CPU1 bereitgestellt und dem zweiten Prozessor CPU2 zur Auswertung zugeleitet; das Eingangssignal für den anderen Taster wird von dem zweiten Prozessor CPU2 bereitgestellt und dem ersten Prozessor CPU1 zur Auswertung zugeleitet. Dadurch wird bei einem wechselseitigen voneinander unabhängigen Test eines Tasters dessen zugehörige Leitungen und Auswertebaupuppen überprüft, während in mindestens einem Prozessor weiterhin die Betätigung des Not-Aus Tasters NA durch den Benutzer erkannt werden kann.

Zwei zueinander um 90° phasenverschobene Ausgangssignale des Drehgebers DG werden über Entkopplungswiderstände den beiden Prozessoren CPU1 und CPU2 zugeleitet. Die Prozessoren CPU1 und CPU2 ermitteln aus den zyklisch abgefragten Ausgangssignalen des Drehgebers DG die vom Benutzer eingegebenen Werte. Dabei ist darauf zu achten, daß die Abfrage der Ausgangssignale des Drehgebers DG gemäß dem Shannon'schen Abtasttheorem mit ausreichend hoher Frequenz erfolgt, damit die tatsächlich vom Benutzer durchgeführte Eingabe fehlerfrei ermittelt wird. Weiterhin müssen die Abfragen der Ausgangssignale des Drehgebers DG durch beide Prozessoren CPU1 und CPU2 im wesentlichen mit gleicher Frequenz erfolgen, da sonst die beiden Prozessoren CPU1 und CPU2 unterschiedliche Bewegungswerte aus den Ausgangssignalen des Drehgebers DG ermitteln.

Die Schnittstelle INT des Eingabegeräts HR ist über die Leitungen TxD, RxD, DTR und DSR mit der Steuerung LE, bestehend aus MCU- und CCU-Baugruppe sowie gemeinsamem Speicher GRAM, verbunden. Das Verbindungskabel VK beinhaltet diese Leitungen sowie die Leitungen zur Spannungsversorgung für die beiden Netzteile NT1 und NT2 und die Zustimmungleitung ZT. Somit beinhaltet das Verbindungskabel zwischen Steuerung LE und Eingabegerät HR wesentlich weniger Leitungen als bisher. Das Verbindungskabel VK ist vorteilhaft gegen elektromagnetische Strahlung abgeschirmt und gegen mechanische Beanspruchung geschützt ausgeführt.

Die Ein-/Ausgabe-Baugruppe I/O weist eine Reihe von Tastern, Schaltern und weitere Eingabemittel auf, damit erforderliche Benutzereingaben durchgeführt werden können. Weiterhin weist diese Baugruppe optische und/oder akustische Signalisierungsmittel, wie beispielsweise Leuchtdioden, einen Bildschirm und/oder eine Sprachausgabe, auf, die dem Benutzer die Eingaben quittieren oder ausgewählte Betriebszustände anzeigen.

Im Betrieb werden alle Eingaben des Benutzers, beispielsweise über den Drehgeber DG, den Not-Aus-Taster NA und die Ein-/Ausgabebaupruppe I/O, den beiden Prozessoren CPU1 und CPU2 zur Vorverarbeitung zugeleitet. Dabei sind zwei Prozessoren CPU1 und CPU2 vorgesehen, die sich gegenseitig überwachen. Beiden Prozessoren CPU1

und CPU2 werden dafür die gleichen Eingangssignale zugeleitet und durch beide Prozessoren CPU1 und CPU2 derart vorverarbeitet, daß durch die wechselseitige Überwachung eine erhöhte Betriebssicherheit erreicht wird.

Die Vorverarbeitung besteht darin, daß aufgrund der Ausgangssignale des Drehgebers DG, des Not-Aus-Tasters NA und der Ein-/Ausgabe-Baugruppe I/O in beiden Prozessoren CPU1 und CPU2 aufgrund identischer Eingangssignale identische digitale Übertragungsdaten erzeugt werden, die in ein bestimmtes Übertragungsprotokoll eingefügt werden. Die derart erzeugten Übertragungsdaten werden von einem der beiden Prozessoren CPU1 oder CPU2 über die Schnittstelle INT ausgegeben. Gleichzeitig werden die Übertragungsdaten vom anderen Prozessor eingelesen und mit den vom anderen Prozessor selbst erzeugten Übertragungsdaten verglichen. Wird dabei Identität zwischen den empfangenen und den selbst erzeugten Übertragungsdaten durch den zweiten Prozessor CPU2 festgestellt, wird an den ersten Prozessor CPU1 ein Steuersignal zur Fortsetzung der Übertragung gesendet, indem ein Zustimmungssignal erzeugt und über die Leitung ZT an die Steuerung LE übertragen wird. Erst nach Empfang dieses Zustimmungssignals werden die Übertragungsdaten in der Steuerung LE weiterverarbeitet, z. B. zu Sollwertvorgaben für Regelkreise.

Sollte ein Prozessor einen Unterschied zwischen den aufgrund identischer Eingaben selbst erzeugten und den vom anderen Prozessor erzeugten Übertragungsdaten feststellen, wird zunächst ermittelt, ob eine tolerierbare Abweichung vorliegt. Eine derartige tolerierbare Abweichung liegt dann vor, wenn sich beispielsweise die durch die beiden Prozessoren CPU1 und CPU2 ermittelten Istwerte der Ausgangssignale des Drehgebers DG wegen geringfügig unterschiedlicher Abfragezeitpunkte, Quantisierungsrauschen und ähnlicher, die Betriebssicherheit nicht beeinflussender Einflüsse, geringfügig unterscheiden. In einem derartigen Fall wird trotz einer geringen Abweichung die Übertragung aufrechterhalten und von einem Prozessor das Zustimmungssignal über die Leitung ZT an die Steuerung LE übertragen.

Sollte jedoch eine nicht tolerierbare Abweichung vorliegen, wird von beiden Prozessoren CPU1 und CPU2 eine Abschaltung ausgelöst, indem die Übertragung von Daten, die eine Bewegung auslösen, abgebrochen und vom zweiten Prozessor CPU2 kein Zustimmungssignal mehr über die Leitung ZT an die Steuerung LE ausgegeben wird. Weiterhin besteht die Möglichkeit dies in der Steuerung LE zu erkennen und an den Benutzer eine Fehlermeldung auszugeben.

Sollte nur ein, beispielsweise nur der zweite Prozessor CPU2, eine nicht tolerierbare Abweichung erkennen, wird kein Zustimmungssignal über die Leitung ZT angelegt. Die Steuerung LE erkennt dann, daß ein Fehler im Eingabegerät HR vorliegt und führt eine Fehlerbehandlung durch. Dabei werden sämtliche durch die Steuerung LE geregelten Achsen der Maschine stillgesetzt und an den Benutzer eine Fehlermeldung ausgegeben. Um eine zweikanalige Fehlerabschaltung zu realisieren wird zusätzlich von dem zweiten Prozessor CPU2, der den Fehler erkannt hat, über den gemeinsamen Speicher DPRAM dem anderen Prozessor CPU1 mitgeteilt, daß ein Fehler vorliegt. Auch der erste Prozessor CPU1 signalisiert der Steuerung LE dann einen Fehler. Sollte ein Fehler nur vom ersten Prozessor erkannt worden sein, wird die Datenübertragung durch den ersten Prozessor CPU1 unterbrochen und über den gemeinsamen Speicher DPRAM dem zweiten Prozessor CPU2 ein Fehler signalisiert, woraufhin der zweite Prozessor CPU2 kein Zustimmungssignal mehr über die Leitung ZT an die Steuerung LE überträgt.

Alternativ oder zusätzlich zum wechselseitigen Vergleich der Übertragungsdaten kann der gemeinsame Speicher

lung erfordert, vorliegt. Anschließend wird überprüft, ob die Fehlfunktion in der auswertenden Baugruppe erkannt wird.

Es sind dem Fachmann weitere Verfahren und Vorrichtungen, insbesondere aus der Nachrichtentechnik, bekannt, die bei einer Datenübertragung zwischen Eingabegerät HR und Steuerung LE eine fehlerfreie Übertragung sicherstellen können. Diese Verfahren aus der Nachrichtentechnik können auch hier vorteilhaft zur Überwachung einer fehlerfreien Übertragung angewandt werden.

Bei einem Test des Not-Aus-Tasters NA beispielsweise wird von einem Prozessor, beispielsweise Prozessor CPU2, die Versorgungsspannung für den Not-Aus-Taster NA verändert. Gleichzeitig teilt der zweite Prozessor CPU2 dem anderen Prozessor CPU1 über den gemeinsamen Speicher DPRAM mit, daß ein Test des Not-Aus-Tasters NA durchgeführt wird. Dieser Prozessor CPU1 erwartet daraufhin innerhalb einer festgelegten Zeitspanne ein Not-Aus Signal. Falls dieses Not-Aus Signal in der festgelegten Zeitspanne auftritt, wird es vom Prozessor CPU1 nicht an die Steuerung LE weitergeleitet, da es sich nur um ein Testsignal handelt und der Test somit erfolgreich abgeschlossen wurde. Tritt das Not-Aus Signal aber nicht in der festgelegten Zeitspanne am Eingang des zweiten Prozessors CPU1 auf, wird ein Fehler erkannt und eine entsprechende Fehlerbehandlung durchgeführt.

Weiterhin ist auch dem Prozessor, der den Test nicht durchführt, bekannt, daß in bestimmten Zeitabständen ein Test bestimmter Baugruppen durch den anderen Prozessor erfolgen muß. Erfolgt dieser Test jedoch nicht, wird erkannt, daß der den Test durchführende Prozessor ausgefallen sein muß und es wird eine Fehlerbehandlung durchgeführt.

Falls während des Tests vom Benutzer tatsächlich der Not-Aus-Taster NA betätigt wird, wird dies vom anderen Prozessor CPU2 festgestellt, dem kein Testsignal zugeleitet wurde. Dann überträgt Prozessor CPU2 das Not-Aus Signal an die Steuerung LE, die eine Fehlerbehandlung durchführt. Bei der Fehlerbehandlung wird die gesamte Maschine stillgesetzt und an den Benutzer eine Fehlermeldung ausgegeben, die die Ursache der Fehlerbehandlung angibt.

Der Test des Not-Aus-Tasters NA wird von beiden Prozessoren CPU1 und CPU2 zeitlich versetzt für beide redundanten Kanäle des Not-Aus-Tasters NA durchgeführt, so daß auch ein während einem Test vom Benutzer ausgelöster "echter" Not-Aus immer durchgeführt und vom anderen Kanal des Not-Aus Tasters NA detektiert werden kann.

So können Funktionstests auch für andere sicherheitsrelevante Baugruppen des Eingabegeräts HR erfolgen, ohne daß dabei die Prozessoren MCU und CCU der Steuerung LE belastet werden.

In Fig. 2 ist eine mögliche Realisierungsform eines Eingabegeräts HR dargestellt. Dieses weist ein Handrad DG, einen Not-Aus Taster NA, sowie eine Baugruppe I/O mit verschiedenen Tasten für Eingaben und Leuchtdioden für optische Rückmeldungen auf. Das Eingabegerät HR wird über das Verbindungskabel VK, welches die einzelnen Verbindungsleitungen TxD, RxD, DTR, DSR, ZT usw. beinhaltet, mit der Steuerung LE verbunden.

Patentansprüche

1. Numerische Steuerung mit einem räumlich getrennten Eingabegerät, wobei das Eingabegerät (HR) mindestens ein Eingabemittel (DG, NA, I/O) für Benutzereingaben aufweist und von dem Eingabegerät (HR) ein Zustimmungssignal über eine Verbindungsleitung (ZT) an die Steuerung (LE) übertragen wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Eingabegerät (HR) mindestens zwei voneinander unabhängige Prozessoren (CPU1, CPU2)

vorgesehen sind, die mit den Eingabemitteln (DG, NA, I/O) verbunden werden, daß mindestens ein Prozessor (CPU1) eine Vergleichseinrichtung zum Vergleich der aufgrund der Ausgangssignale der Eingabemittel (DG, NA, I/O) in den beiden Prozessoren (CPU1, CPU2) erzeugten Signale auf Übereinstimmung aufweist und daß Mittel zur Erzeugung eines Abschaltsignals mit der Vergleichseinrichtung und über Verbindungsleitungen (ZT, TxD) mit der Steuerung (LE) verbunden sind.

2. Numerische Steuerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Eingabegerät (HR) mindestens einen Drehgeber (DG), einen Not-Aus-Taster (NA) und weitere Taster und Schalter (I/O) für Benutzereingaben aufweist.

3. Numerische Steuerung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Eingabegerät (HR) eine Schnittstellenschaltung (INT) aufweist, die die Ausgangssignale mindestens eines Prozessors (CPU2) für die Übertragung an die Steuerung (LE) aufbereitet.

4. Numerische Steuerung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergleichseinrichtung in mindestens einem Prozessor (CPU1, CPU2) integriert ist.

5. Numerische Steuerung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Erzeugung eines Abschaltsignals in mindestens zwei Prozessoren (CPU1, CPU2) integriert sind.

6. Numerische Steuerung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Eingabegerät (HR) ein Netzteil mit redundanter Spannungsüberwachung oder zwei unabhängige Netzteile (NT1, NT2) aufweist, die über mindestens zwei Leitungen mit unabhängigen Spannungsquellen verbunden sind.

7. Numerische Steuerung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Eingabegerät (HR) mindestens eine Baugruppe zur Spannungsüberwachung beinhaltet.

8. Numerische Steuerung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Eingabegerät (HR) mindestens eine Baugruppe zur Temperaturüberwachung beinhaltet.

9. Numerische Steuerung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Eingabegerät (HR) mindestens eine Baugruppe zur Erzeugung von Testsignalen beinhaltet.

10. Numerische Steuerung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Eingabegerät (HR) mindestens zwei Analog/digital-Wandler beinhaltet.

11. Numerische Steuerung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Baugruppen zur Spannungsüberwachung, Temperaturüberwachung, zur Erzeugung von Testsignalen und der mindestens eine Analog/digital-Wandler in mindestens einen Prozessor integriert sind.

12. Verfahren zum sicheren Betrieb eines räumlich getrennten Eingabegeräts (HR) an einer numerische Steuerung (LE), dadurch gekennzeichnet, daß die aus Benutzereingaben an den Eingabemitteln (DG, NA, I/O) resultierenden Ausgangssignale mindestens zwei Prozessoren (CPU1, CPU2) zugeleitet werden, daß die Ausgangssignale selbst oder die aufgrund der Ausgangssignale in den Prozessoren (CPU1, CPU2) erzeugten Signale in einer Vergleichseinrichtung auf Gleichheit überprüft werden und daß bei fehlender Übereinstimmung mindestens zwei unabhängige Abschaltsignale über mindestens zwei Verbindungsleitungen (ZT, TxD) an die Steuerung (LE) übertragen werden.

FIG. 1

